

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

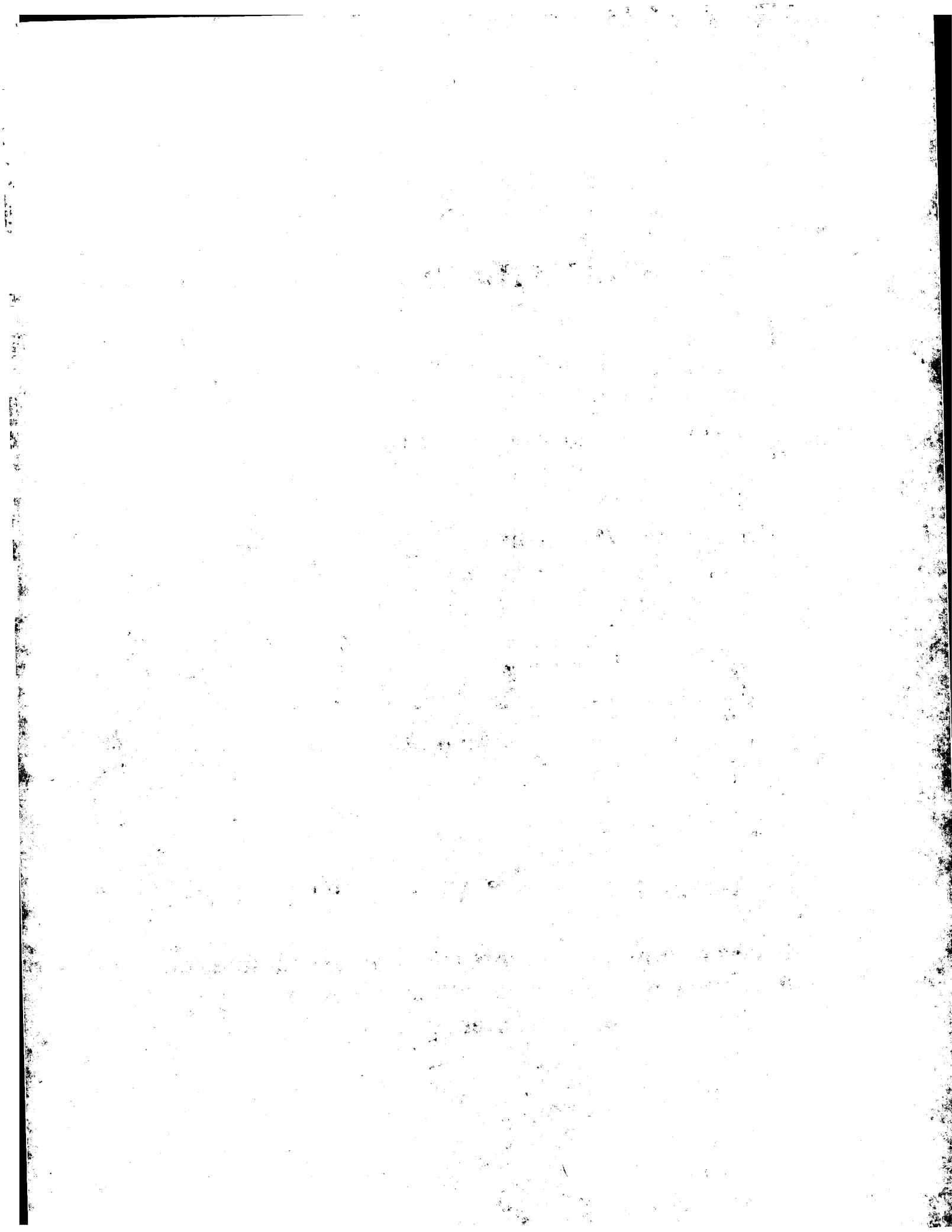
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





(10) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

(97) EP 0 712 014 B 1

(10) DE 695 12 347 T 2

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 02 B 6/26

DE 695 12 347 T 2

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 695 12 347.5
- (96) Europäisches Aktenzeichen: 95 109 342.6
- (96) Europäischer Anmeldetag: 16. 6. 1995
- (97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 15. 5. 1996
- (97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 22. 9. 1999
- (47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 11. 5. 2000

(30) Unionspriorität:  
30304094 11. 11. 1994 JP

(72) Erfinder:  
Takahashi, Mitsuo, Matsudo-shi, Chiba-ken, JP

(73) Patentinhaber:  
Seikoh Giken Co., Ltd., Matsudo, Chiba, JP

(74) Vertreter:  
Zenz, Helber, Hosbach & Partner, 45128 Essen

(84) Benannte Vertragstaaten:  
DE, FR, GB

(54) Ankoppelnde einer optischen Glasfaser und Herstellungsverfahren dafür

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artik 1 II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 695 12 347 T 2

22.10.99

PATENTANWÄLTE ZENZ, HELBER, HOSBACH & PARTNER · HUYSENALLEE 58-64 · D-45128 ESSEN

95109342.6-1524

S 1062EP  
R-pa

#### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

##### 1. GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung bezieht sich auf einen Lichtwellenleiter-  
5 Lichteinkopplungs-Anschluß zwischen einer Lichtquelle, bei-  
spielsweise einer Laserdiode oder einer LED, und dem Ende  
eines Lichtwellenleiters sowie auf ein Verfahren zu dessen  
Herstellung.

##### 10 2. STAND DER TECHNIK

Es ist eine Reihe von Vorschlägen zu dem Lichtwellen-  
leiter-Anschluß bekanntgemacht worden, bei denen eine Stu-  
fenindexlinse (d.h. eine Selfoc-Linse) und/oder eine konvexe  
Linse in den Spalt zwischen einer Lichtquelle und einem  
15 Lichtwellenleiter eingesetzt ist. Diese Art von Lichtwellen-  
leiter-Anschluß weist Probleme dahingehend auf, daß die  
optischen Achsen der entsprechenden Elemente nicht einfach  
ausgerichtet werden können und daß sich mit Neigung der  
optischen Achse eines bestimmten Bauelements der Lichtein-  
20 kopplungsverlust drastisch erhöht, sogar wenn die Neigung  
nur gering ist. Diese Probleme führten zu einer Reihe von  
Studien über das direkte Einkoppeln von Lichtenergie aus  
einer Lichtquelle in einen Lichtwellenleiter. Beispielsweise  
wurde ein System zum direkten Licht-Einkoppeln in einer  
25 Abhandlung von Shirai et. al. beschrieben mit dem Titel "A  
new scheme of coupling from LD to SMF utilizing a beam-  
expanding fiber with a spherical end", die 1990 auf der  
Nationalen Frühjahrskonferenz des Institute of Electronics,  
Information and Communication Engineers vorgestellt worden  
30 ist.

Im folgenden wird eine Grundkonstruktion einer Lichtein-  
kopplungs-Vorrichtung zum Ankoppeln der Lichtquelle an den  
Monomode-Lichtwellenleiter beschrieben, bei der die Licht-  
quelle, d.h. eine Laserdiode (LD) oder eine Licht emittie-

20.12.99

2

rende Diode (LED) ohne Verwendung eines optischen Linsensystems direkt an die Lichtwellenleiter-Endfläche gekoppelt wird.

Figur 6 zeigt ein Beispiel der oben erwähnten Lichtein-  
5 kopplungs-Vorrichtung zum Ankoppeln der Lichtquelle an einen Monomode-Lichtwellenleiter, bei dem die Lichtenergie-Ein-  
fall-Endfläche senkrecht zu dessen optischer Achse angeordnet ist. Von einer Lichtquelle 1, d.h. einer Laserdiode  
(LD), abgestrahlte Lichtenergie 4 fällt in eine Lichtwellen-  
10 leiter-Endfläche, die einen Lichtwellenleiterkern 2 und einen Lichtwellenleitermantel 3 aufweist.

Wenn als Lichtquelle eine Laserdiode verwendet wird,  
wird die von der Laserdiode (LD) abgestrahlte Lichtenergie 4 nach der Gauss'schen Funktion, ausgedrückt als Abstrahlwin-  
15 kel  $\theta_1$  der Lichtenergie 4, um die optische Achse der Laserdiode verteilt, wobei der Laserstrahl kohärent ist, was zu einer Beugung führt. Die Abstrahlcharakteristik ist somit ellipsenförmig. Der ellipsenförmige Lichtstrahl weist eine Hauptachse XX', die 40 bis 60 Grad von der Lichtquelle aus mißt, sowie eine Nebenachse YY' auf, die 20 bis 30 Grad von der Lichtquelle aus mißt.  
20

Der Übertragungswinkel  $\theta_2$ , bei dem die Lichtenergie innerhalb des Lichtwellenleiterkerns 2 übertragen werden kann, sollte gleich oder kleiner sein als der Grenzwinkel  $\theta_c$ . Dies  
25 bedeutet:

$$\theta_2 \leq \theta_c = \cos^{-1} (n_2 / n_1),$$

wobei  $n_1$  der Brechungsindex des Lichtwellenleiterkerns  
30 und  $n_2$  der Brechungsindex des Lichtwellenleitermantels ist. Angenommen, bei einem Monomode-Lichtwellenleiter beträgt  $n_1 = 1,47$  und  $n_2 = 1,467$ , dann kann  $\theta_c = 3,624$  Grad erzielt werden.

Wenn der Übertragungswinkel  $\theta_2$  für die Übertragung der  
35 Lichtenergie innerhalb des Lichtwellenleiterkerns 2 der

22.12.99

3

Gleichung  $\theta_2 \leq \theta_c$  genügt, dann sollte der Abstrahlwinkel  $\theta_1$  so groß sein wie oder kleiner sein als die numerische Appertur NA des Lichtwellenleiterkerns. Dies bedeutet:

5       $\theta_1 \leq \text{NA} = n_0 \sin \theta_c$ ,

wobei  $n_0$  der Brechungsindex von Luft ( $n_0 = 1$ ) ist. Bei einem Grenzwinkel  $\theta_c$  von 3,624 Grad beträgt die numerische Appertur NA des Lichtwellenleiterkerns 5,33 Grad ( $\theta_1 \leq 5,33^\circ$ ). Wenn der durchschnittliche Abstrahlwinkel für jeden Lichtenergiestrom 4 gleich 25 Grad beträgt und der effektive Einfallwinkel  $\theta_1$  zur Endfläche des Lichtwellenleiterkerns 2 auf 5,33 Grad oder weniger ( $\theta_1 \leq 5,33^\circ$ ) begrenzt ist, dann beträgt das Verhältnis der durch einen Lichtwellenleiterkern 15 eines Monomode-Lichtwellenleiters übertragenen Lichtenergie zu der von der Lichtquelle abgestrahlten Lichtenergie ungefähr 20 %, sofern alle anderen Verluste unberücksichtigt bleiben.

Wenn die Lichtenergie in einem Einfallswinkel  $\theta_1$  von 20 größer als 5,33 Grad auf den Lichtwellenleiterkern auftrifft, tritt sie in den Lichtwellenleitermantel 3 ein und geht dem Lichtwellenleiterkern während der Übertragung durch den Lichtwellenleiter verloren. Dies ist der Grund dafür, daß ein Lichteinkopplungsverlust auftritt. Wie in Figur 6 25 gezeigt, vergrößert sich der Übertragungswinkel  $\theta_2$  mit dem Abstrahlwinkel  $\theta_1$  und wird schließlich größer als der Grenzwinkel  $\theta_c$ , was zum Lichteinkopplungsverlust führt. Um den von der Lichtquelle zum Lichtwellenleiterkern gemessenen Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad zu erhöhen, sollte der Übertragungswinkel  $\theta_2$  für alle Abstrahlwinkel  $\theta_1$  kleiner als der 30 oder gleich dem Grenzwinkel  $\theta_c$  sein. Eine direkte Lichteinkopplungs-Anordnung dieser Art wurde daher zur Lichteinkopplung meist noch nicht verwendet.

Wie oben beschrieben, ist der Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad an der Schnittstelle zwischen der Lichtquelle und

23.12.99

4

dem Lichtwellenleiter bei einem direkten Lichteinkopplungs-System schon an sich gering. Es wurden viele Versuche durchgeführt, um den Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad bei einem direkten Lichteinkopplungs-System zu verbessern. Unter 5 diesen befindet sich ein typisches Beispiel, das in Figur 5 gezeigt ist.

Ein einen Lichtwellenleiterkern 5 und einen Lichtwellenleitermantel 6 aufweisender Lichtwellenleiter wird geschmolzen, gezogen und geschnitten, um einen konischen Abschnitt 7 10 zu bilden, dessen Durchmesser sich allmählich in Richtung auf dessen Endfläche verkleinert, so daß sich der Modenradius  $\omega$  des Lichtwellenleiters 5 bis zu dessen Endfläche 21 erstreckt. Am Ende des Lichtwellenleiters ist eine halbkugelförmige Mikrolinse 8 ausgebildet, um den Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad zu verbessern. Für weitere Information siehe IEEE Journal of Lightwave Technology, Band 11, Nr. 2, Seiten 252-257 (Februar 1993).

Wenn das Verhältnis des Abstands S zwischen der Lichtquelle und der Lichtwellenleiter-Endfläche zum Radius R der 20 Mikrolinse 8 bei der zuvor genannten Ausführungsbeispiel geeignet gewählt ist, kann der Übertragungswinkel  $\theta_2$  in einem großen Bereich des Abstrahlwinkels  $\theta_1$  gleich oder kleiner als der Grenzwinkel  $\theta_c$  sein. In diesem Fall ist der Einfallwinkel  $\alpha$  gleich  $(\theta_1 + \theta_a)$ , wobei  $\theta_a$  im folgenden 25 beschrieben wird. Wenn der Einfallwinkel  $\alpha$  größer ist als der Brewster-Winkel  $\theta_B$ , nimmt die Reflexion der Lichtenergie an der Lichtwellenleiter-Endfläche zu, und die übertragene Lichtenergie nimmt ab.

Der Brewster-Winkel  $\theta_B$  wird wie folgt ausgedrückt:

$$30 \quad \theta_B = \tan^{-1} n_2.$$

Bei  $n_1 = 1,47$  beträgt  $\theta_B$  55,77 Grad. Wenn der Abstrahlwinkel  $\theta_1$  zunimmt, nimmt der Winkel  $\theta_a$  zwischen dem Punkt  $P_1$  35 auf der Kugel und der optischen Achse ZZ' rapide zu, d.h.,

22.12.99

5

der Einfallwinkel  $\alpha$  wird bei einer kleinen Zunahme des Abstrahlwinkels  $\theta_1$  gleich dem Brewster-Winkel  $\theta_B$ . Aus Berechnungen ergibt sich, daß der Einfallwinkel  $\alpha$  bei einem Abstrahlwinkel ( $\theta_1$ ) von ungefähr 18 Grad und  $S = 1,6R$  ungefähr gleich  $\theta_B$  ( $\alpha = \theta_B$ ) ist. Der Übertragungswinkel  $\theta_2$  beträgt bei einem Abstrahlwinkel von ungefähr 18 Grad annähernd 3,6 Grad ( $\theta_2 = 3,6^\circ$ ), was annähernd dem Lichtwellenleiter-Grenzwinkel  $\theta_c$  entspricht. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Tatsache wichtig ist.

10 Die mit einem Abstrahlwinkel von größer als 18 Grad ( $\theta_1 > 18^\circ$ ) abgestrahlte Lichtenergie breitet sich nicht entlang des Lichtwellenleiterkerns aus, was einen Verlust an Lichtenergie erzeugt. Gemäß dem IEEE Journal of Lightwave Technology, Band 11, Nr. 2, Seiten 252-257 (Februar 1993) wird  
15 eine durch eine Laser-Schweißvorrichtung geformte paraboloidförmige Oberfläche einer nicht gezeigten Lichtwellenleiter-Endfläche vorgeschlagen, und zwar, daß der Übertragungswinkel  $\theta_2$  unabhängig vom Abstrahlwinkel  $\theta_1$  auf nahezu 0 Grad ( $\theta_2 = 0^\circ$ ) eingestellt ist. Bei diesem Vorschlag ist je-  
20 doch die Änderung der optischen Eigenschaften durch Schmelzen der Lichtwellenleiter-Endfläche unbekannt, was Platz für eine Verbesserung der Bearbeitungsmaschinen und -techniken läßt.

Es ist eine Abhandlung mit dem Titel "A new scheme of  
25 coupling from LD to SMF utilizing a beam-expanding fiber with a spherical end" von Shirai et.al. erschienen, die 1990 auf der Nationalen Frühlingskonferenz des Institute of Electronics, Information and Communication Engineers vorge stellt worden ist. Diese einen Lichtwellenleiter mit einer  
30 sphärischen Endfläche beschreibende Abhandlung weist darauf hin, daß der Lichtverlust durch Neigung der optischen Achse bei der sphärischen Endfläche größer ist als bei einer Standard-Monomode-Lichtwellenleiter-Endfläche. Für Details siehe Figur 6.

22.10.99

6

Wie zuvor beschrieben, wird am vorderen Ende einer Lichtwellenleiter-Endflächenstruktur, wie sie in dieser Beschreibung offenbart ist, eine Lichteinkopplungs-Linse gebildet. Diese Linse wurde 1987 in der Japanischen Patent-  
5 anmeldung KOKAI 1987-81615 offenbart. Bei diesen Anordnungen ist die Ausrichtung der optischen Achse schwierig, da die Neigung der optischen Achse stark den Lichteinkopplungs-Ver-  
lust beeinflußt, was zuvor beschrieben worden ist.

Eine Abhandlung mit dem Titel "Matching of single-mode  
10 fibre to laser diode by microlenses at 1,5  $\mu\text{m}$  wavelength" von J. John et al. (siehe IEEE Proc.-Optoelectronics, Band 141, Nr. 3, Seiten 178-184) beschreibt eine hyperbolische Mikrolinse an der Endfläche einer Monomodefaser.

Wie zuvor beschrieben, ist eine wirksame Lichteinkopp-  
15 lung von einer Lichtquelle unmittelbar in den Lichtwellen-  
leiter schwierig; direkte Lichteinkopplung von der Licht-  
quelle in den Lichtwellenleiter stellt jedoch eine Heraus-  
forderung für den Konstrukteur dar, und zwar unter dem  
Gesichtspunkt, eine Lichteinkopplungsvorrichtung von einer  
20 einfachen Struktur zu schaffen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Lichtwellenleiter-Anschluß mit einer verbesserten Endflächenstruktur zu schaffen, die mit einem hohen Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad  
25 Lichtenergie von der Lichtquelle in den Lichtwellenleiter einkoppelt. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu dessen Herstellung zu schaffen.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist der Lichtwellenleiter-  
30 Anschluß zum Ankoppeln einer Lichtquelle an einen erfin-  
dungsgemäß hergestellten Lichtwellenleiter eine Auftreff-  
Endflächenstruktur eines Lichtwellenleiterkerns, gebildet  
von einer Kugel, deren Zentrum auf der optischen Achse des  
Lichtwellenleiters liegt, sowie einen Teil einer konischen  
35 Fläche auf, die tangential zu der Kugel liegt.

22.12.99

7

Bei dem Lichtwellenleiter-Anschluß zum Ankoppeln der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter ist der Radius der Kugel kleiner gewählt als der Modenradius  $\omega$  des Lichtwellenleiters, und der Neigungswinkel  $\beta$  des konischen Flächenteils 5 ist gleich oder größer als 25 Grad ( $\beta \geq 25^\circ$ ) in bezug auf die Ebene senkrecht zur optischen Achse des Lichtwellenleiters.

Bei dem Lichtwellenleiter-Anschluß zum Ankoppeln der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter ist der Abstand  $S$  zwischen der Lichtquelle und der Lichtwellenleiter-Endfläche 10 gleich oder größer als der Radius  $R$ .

Bei dem Lichtwellenleiter-Anschluß zum Ankoppeln der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter gilt die folgende Gleichung (1) für von der Lichtquelle auf die Kugel auftreffende 15 Lichtstrahlung und die folgende Gleichung (2) gilt für die Lichtstrahlung, die von der Lichtquelle auf den konischen Flächenteil einfällt.

$$\theta_c \geq \theta_2 = \sin^{-1} \{ \sin (\theta_1 + \theta_a) \} / n_1 - \theta_a \quad (1)$$
$$20 \quad \theta_c \geq \theta_2 = \sin^{-1} \{ \sin (\theta_1 + \beta) \} / n_1 - \beta \quad (2),$$

mit

$\theta_c$ : Grenzwinkel des Lichtwellenleiter-Kerns.

$\theta_2$ : Übertragungswinkel des in den Lichtwellenleiter-Kern 25 eintretenden Lichtstrahls.

$\theta_1$ : Abstrahlwinkel des Lichtstrahls von der Lichtquelle.

$n_1$ : Brechungsindex des Lichtwellenleiter-Kerns.

$\theta_a$ : Winkel zwischen der optischen Achse des Lichtwellenleiters und der Normallinie, die von dem Auftreffpunkt auf 30 der Kugel zum Kugelzentrum führt, wenn der Lichtstrahl mit einem Abstrahlwinkel  $\theta_1$  von der Lichtquelle abgestrahlt wird.

Erfindungsgemäß weist das Verfahren zur Herstellung eines Lichtwellenleiter-Anschlusses zur Ankopplung einer

22.12.99

8

Lichtquelle an einen Lichtwellenleiter folgende Schritte auf:

der Lichtwellenleiter wird in eine Anschlußhülse eingeführt und an der Anschlußhülse befestigt;

5 durch Verwendung eines zylindrischen Schleifers wird an der Endfläche des Lichtwellenleiters eine konische Fläche gebildet;

durch Verwendung eines sphärischen Schleifers wird an dem äußersten Ende der konischen Fläche eine kugelige Fläche  
10 gebildet;

wobei das Zentrum der gebildeten kugeligen Fläche auf der optischen Achse des Lichtwellenleiters liegt, die gebildete konische Fläche tangential zu der gebildeten kugeligen Fläche ausgerichtet ist und der konische Flächenteil und die  
15 kugelige Fläche auf dem Kern gebildet werden.

Bei dem Verfahren zur Herstellung des Lichtwellenleiter-Anschlusses zur Ankopplung der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter ist der sphärische Schleifer zum Polieren der Lichtwellenleiter-Endfläche eine Polierzvorrichtung zum  
20 Polieren der Lichtwellenleiter-Endfläche mit einem auf der Oberfläche einer elastischen Scheibe vorgesehenen Schleifmaterial, wobei die elastische Scheibe, deren Oberfläche mit dem Schleifmaterial bedeckt ist, sich um ihre Drehachse dreht, während die Drehachse in bezug auf die Lichtwellen-  
25 leiter-Endfläche umläuft.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Figur 1 zeigt eine schematische Schnittansicht einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Lichtwellenleiter-Endfläche, die als Lichtwellenleiter-Anschluß eingesetzt wird, um eine Lichtquelle an einen Lichtwellenleiter anzukoppeln.

Figur 2 zeigt optische Pfade der auf die in Figur 1 beschriebene Lichtwellenleiter-Endfläche auftreffenden  
35 Lichtstrahlung.

22.12.09

9

Figur 3 zeigt Übertragungswinkel  $\theta_2$  in Abhängigkeit von Abstrahlwinkeln  $\theta_1$ , jeweils für die erfindungsgemäß hergestellte Lichtwellenleiter-Endfläche (Kurve A) für denjenigen Abschnitt, der eine Kugel bildet (Kurve B) und für 5 denjenigen Abschnitt, der eine Ebene senkrecht zu deren optischer Achse bildet (Kurve C).

Figur 4 zeigt Licht-Einkopplungs-Wirkungsgrade  $\eta_A$ ,  $\eta_B$  und  $\eta_C$  für die Kurven A, B und C in Figur 3, wenn eine Laserdiode als Lichtquelle verwendet wird, wobei alle 10 zusätzlichen Lichtverluste außer den hier beschriebenen vernachlässigt werden.

Figur 5 zeigt eine Struktur und einen optischen Pfad einer Lichtwellenleiter-Endfläche, die gemäß dem Stande der Technik eine Kugel bildet, siehe Kurve B in Figur 3).

15 Figur 6 zeigt eine Monomode-Lichtwellenleiter-Endfläche, die eine Ebene senkrecht zu der optischen Achse des Lichtwellenleiters bildet, was zu den bekannten Techniken zählt.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

20 Im folgenden wird die Erfindung im Detail unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

Figur 1 zeigt in einer schematischen Schnittansicht eine Monomode-Lichtwellenleiter-Endflächenstruktur zur Einkopplung von Lichtenergie aus einer Lichtquelle in einen Lichtwellenleiter, wobei ein Ausführungsbeispiel eines Lichtwellenleiter-Anschlusses zur Ankopplung der Lichtquelle an den erfindungsgemäß hergestellten Lichtwellenleiter dargestellt ist.

30 Eine Endflächenstruktur eines Kerns 9 und eines Mantels 10 eines Monomode-Lichtwellenleiters 13 besteht aus einer Kugel mit einem Radius R, deren Zentrum auf der optischen Achse (z-z) des Lichtwellenleiters liegt, und aus einer konische Fläche 11, deren Mittellinie auf der optischen

22.10.99

10

Achse des Lichtwellenleiters liegt und die tangential zur Kugel angeordnet ist. Der Punkt Q in Figur 1 kennzeichnet den Scheitel der konischen Fläche, der auf der Z-Koordinate liegt.

5 Der Neigungswinkel  $\beta$  der konischen Fläche in bezug auf die Ebene senkrecht zur optischen Achse beträgt bei diesem Ausführungsbeispiel 35 Grad ( $\beta = 35^\circ$ ), und der Radius R der Kugel 12 beträgt 5  $\mu\text{m}$  ( $R = 5\mu\text{m}$ ).

10 Im folgenden wird das Herstellungsverfahren der Monomode-Lichtwellenleiter-Endfläche zur Ankopplung der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter beschrieben. Der Monomode-Lichtwellenleiter wird in eine Öffnung im Zentrum einer (nicht gezeigten) zylindrischen Anschlußhülse gesteckt und darin mit Wachs befestigt. Anschließend wird die Endfläche 15 der konischen Fläche 11 durch Polieren der zylindrischen Anschlußhülse mit einem (nicht gezeigten) herkömmlichen zylinderischen Schleifer gebildet.

20 Danach wird die konische Endfläche am Ende des Lichtwellenleiters gegen eine (nicht gezeigte) elastische Scheibe einer herkömmlichen Lichtwellenleiterende-Poliervorrichtung gedrückt. Während sich die elastische Scheibe, deren Oberfläche mit einem Schleifmaterial bedeckt ist, um ihre Drehachse dreht, läuft die Drehachse in bezug auf die Lichtwellenleiter-Endfläche um. Während dieser Operationen wird der 25 Scheitelpunkt der durch Verwendung des sphärischen Schleifers gebildeten konischen Fläche 11 zu einer Kugel 12 geformt. Die herkömmliche Lichtwellenleiterende-Poliervorrichtung und das Polierverfahren werden in der Japanischen Patentanmeldung Nr. 1994-184060 aus 1994 beschrieben. Weitere Schleifer sind aus der U.S.P. 4,831,784 und der U.S.P. 30 4,979,334 bekannt und können ebenfalls für die vorliegende Anwendung eingesetzt werden.

Nach Beendigung des Polierens wird die Temperatur des Lichtwellenleiters und der Anschlußhülse auf 120°C erhöht, 35 so daß das den Lichtwellenleiter in der Anschlußhülse hal-

23.12.99

11

tende Wachs schmilzt, und der Lichtwellenleiter wird aus der Öffnung im Zentrum der Anschlußhülse herausgenommen. Die Lichtwellenleiter-Endfläche ist damit fertiggestellt.

Die Lichtwellenleiter-Endfläche zum Ankoppeln der Lichtquelle an den in der zuvor beschriebenen Art hergestellten Lichtwellenleiter kann in einer ausgerichteten V-Nut befestigt werden, die auf der Oberfläche einer flachen Platte angeordnet ist, so daß eine praktische Anwendung möglich wird.

10 Wenn die Lichtwellenleiter-Endfläche zum Ankoppeln der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter zusammen mit der Anschlußhülse verwendet wird, in der die Lichtwellenleiter-Endfläche erzeugt worden ist, kann Epoxyharz oder ein Lot anstelle des Wachses verwendet werden, so daß der Lichtwellenleiter dauerhaft in der Anschlußhülse befestigt ist.

Figur 2 zeigt ferner die Beziehung zwischen der Lichtwellenleiter-Endfläche und einer Lichtquelle, wenn die Lichtwellenleiter-Endfläche zur Ankopplung der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter erfindungsgemäß hergestellt worden 20 ist.

Es sei angenommen, daß der Neigungswinkel  $\beta$  auf der Oberfläche der konischen Fläche 35 Grad ( $\beta = 35^\circ$ ) beträgt. Die Entfernung S zwischen der Lichtquelle 1 und der Endfläche des Lichtwellenleiters 13 zur Ankopplung der Lichtquelle 25 1 an den Lichtwellenleiter 13 ist, bezogen auf den Radius R der Kugel 12 an der Endfläche des Lichtwellenleiters 13, festgelegt auf  $1,6R$ . D.h.:  $S = 1,6R$ .

Die von der Lichtquelle aus auf die Oberfläche der Kugel 12 auftreffende Lichtenergie wird im folgenden diskutiert:

30 Es sei angenommen, daß der Winkel  $\theta_a$  definiert ist als der Winkel zwischen der von dem Auftreffpunkt  $P_i$  zum Zentrum der Kugel gehenden Linie und der optischen Achse Z-Z. Es sei darauf hingewiesen, daß  $\theta_a < \beta = 35^\circ$ .

Die folgende Beschreibung richtet sich auf die auf einen 35 Punkt auf der Kugel auftreffende Lichtenergie.

22.12.99

12

Der Einfallswinkel  $\alpha_i$  für den auf dem Auftreffpunkt  $P_i$  auftreffenden Lichtstrahl ist gegeben durch

$$\alpha_i = \theta_a + \theta_{1s} = \tan^{-1} \{ \sin \theta_a / (2,6 - \cos \theta_a) \} + \theta_a.$$

5

Für den Fall, daß  $\theta_a$  35 Grad ( $\theta_a = 35^\circ$ ) beträgt, beträgt der Abstrahlwinkel  $\theta_1$  17,85 Grad ( $\theta_{1s} = 17,85^\circ$ ) und der Auftrittswinkel  $\alpha_i$  52,85 Grad ( $\alpha_i = 52,85^\circ$ ). Der Lichtstrahl kann bei einem Abstrahlwinkel  $\theta_1$  von 17,85 Grad oder weniger 10 ( $\theta_{1s} = \theta_1 \leq 17,85^\circ$ ) auf die Oberfläche der Kugel auftreffen.  
Im folgenden wird der auf die konische Fläche außerhalb 15 der Kugel auftreffende Lichtstrahl beschrieben. Für den Lichtstrahl bei einem Abstrahlwinkel  $\theta_1$  von 17,85 Grad oder mehr ( $\theta_{1c} = \theta_1 > 17,85^\circ$ ) errechnet sich der Einfallwinkel  $\alpha_0$  am Auftreffpunkt  $P_0$  durch

$$\alpha_0 = \theta_{1c} + \beta = \theta_{1c} + 35.$$

Diese Gleichung bedeutet, daß der Einfallwinkel  $\alpha_0$  bestimmt wird durch die Summe aus dem Abstrahlwinkel  $\theta_{1c}$  und 20 dem Neigungswinkel  $\beta$  der konischen Fläche, wenn der Winkel  $\beta$  35 Grad beträgt.

Verglichen mit der Kugel der in Figur 5 gezeigten Lichtwellenleiter-Endfläche, kann unter der Voraussetzung, daß  $\theta_2 \leq \pm \theta_c$ , der Lichtstrahl mit einem größeren Abstrahlwinkel  $\theta_1$  als der in Figur 5 definierte in den Lichtwellenleiter eingeleitet werden.

Figur 3 zeigt eine Reihe von Kurven, bei denen der Übertragungswinkel  $\theta_2$  in Abhängigkeit vom Abstrahlwinkel  $\theta_1$  der 30 Lichtwellenleiter-Endfläche zum Ankoppeln der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter für einen Lichtwellenleiter-Anschluß angegeben ist.

Die Kurve A beschreibt den Übertragungswinkel  $\theta_2$  in Abhängigkeit vom Abstrahlwinkel  $\theta_1$  für die Lichtwellen-

20.10.99

13

leiter-Endfläche zur Ankopplung der Lichtquelle an den erfundungsgemäß hergestellten Lichtwellenleiter.

Die Kurve B beschreibt den Übertragungswinkel  $\theta_2$  in Abhängigkeit vom Abstrahlwinkel  $\theta_1$  für die Lichtwellen-

5 leiter-Endfläche zur Ankopplung der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter, der eine derartige Lichtwellenleiter-End-  
fläche (die eine Kugel bildet) verwendet, wie sie in Figur 5.  
gezeigt ist.

Die Kurve C beschreibt den Übertragungswinkel  $\theta_2$  in  
10 Abhängigkeit vom Abstrahlwinkel  $\theta_1$  für eine Lichtwellen-  
leiter-Endfläche zur Ankopplung der Lichtquelle an den  
Lichtwellenleiter, der eine derartige Lichtwellenleiter-End-  
fläche (die eine ebene Oberfläche aufweist, die senkrecht  
zur optischen Achse des Lichtwellenleiters verläuft) verwen-  
det, wie sie in Figur 6 gezeigt ist.

Wie in Figur 3 gezeigt, ist die Lichtwellenleiter-End-  
fläche der Kurve A dadurch gekennzeichnet, daß der Licht-  
strahl bei einem Abstrahlwinkel ( $\theta_1$ ) von bis zu 32 Grad  
durch den Lichtwellenleiter unter der Voraussetzung übertra-  
gen werden kann, daß  $\theta_2 \leq \pm\theta_c$ . Die Lichtwellenleiter-Endflä-  
che der Kurve B ist dadurch gekennzeichnet, daß der Licht-  
strahl bei einem Abstrahlwinkel ( $\theta_1$ ) von ungefähr bis zu 18  
Grad unter der Voraussetzung übertragen werden kann, daß  $\theta_2$   
 $\leq \pm\theta_c$ . Die Lichtwellenleiter-Endfläche der Kurve C ist  
dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtstrahl bei einem  
Abstrahlwinkel ( $\theta_1$ ) von ungefähr bis zu 5,3 Grad unter der  
Bedingung übertragen werden kann, daß  $\theta_2 \leq \pm\theta_c$ .

Figur 4 zeigt jeweils die Lichteinkopplungs-Wirkungs-  
grade  $\eta_A$ ,  $\eta_B$  und  $\eta_C$  für die Kurven A, B und C in Figur 3. In  
30 Figur 4 wird als Lichtquelle eine Laserdiode verwendet,  
wobei zusätzliche Lichtverluste unbeachtet bleiben.

Wie in Figur 4 gezeigt, beträgt der Lichteinkopplungs-  
Wirkungsgrad  $\eta_A$  für die Lichtwellenleiter-Endfläche der  
Kurve A nahezu 83 % unter der Voraussetzung, daß  $\theta_2 \leq \pm\theta_c$ .  
35 Der Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad  $\eta_B$  für die Lichtwellen-

20.12.99

14

leiter-Endfläche der Kurve B beträgt nahezu 59 % unter der Voraussetzung, daß  $\theta_2 \leq \pm\theta_c$ . Der Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad  $\eta_c$  für die Lichtwellenleiter-Endfläche der Kurve C beträgt nahezu 19 % unter der Voraussetzung, daß  $\theta_2 \leq \pm\theta_c$ .

5      Der Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad für die Monomode-Lichtwellenleiter-Endfläche wird aufgrund von Lichtstrahl-Reflexion an der Lichtwellenleiter-Endfläche und aufgrund von Fluchtungsfehler der optischen Achse zur Zeit auf ungefähr 70 % geschätzt.

10     Der Neigungswinkel  $\beta$  der konischen Fläche, der Radius R der Kugel und der Abstand S zwischen der Lichtquelle und der Lichtwellenleiter-Endfläche stellen bei dem erfindungsgemäß Ausführungsbeispiel Meßgrößen dar, die für einen Standard-Monomode-Lichtwellenleiter gelten. In Abhängigkeit von 15 den Parametern des verwendeten Lichtwellenleiters sollten als Konstruktionswerte die Optimalwerte gewählt werden, die der folgenden Beziehungen genügen.

Für die auf den sphärischen Abschnitt des Lichtwellenleiters auftreffende Lichtstrahlung:

20

$$\theta_c \geq \theta_2 = \sin^{-1} \{ \sin (\theta_1 + \theta_a) \} / n_1 - \theta_a \quad (1).$$

Für die auf den konischen Abschnitt des Lichtwellenleiters auftreffende Lichtstrahlung:

25

$$\theta_c \geq \theta_2 = \sin^{-1} \{ \sin (\theta_1 + \beta) \} / n_1 - \beta \quad (2).$$

Der Lichtwellenleiter-Anschluß zur Ankopplung der Lichtquelle an den erfindungsgemäß hergestellten Lichtwellenleiter kann bei von der Lichtquelle mit geringem Abstrahlwinkel abgestrahltem Lichtstrahl Lichtenergie auf der Oberfläche des sphärischen Teils der Lichtwellenleiter-Endfläche und bei von der Lichtquelle mit großem Abstrahlwinkel abgestrahltem Lichtstrahl Lichtenergie auf der Oberfläche des 30 konischen Teils der Lichtwellenleiter-Endfläche aufnehmen.

35

20.12.99

15

Die von der Lichtquelle über einem weiten Bereich von Abstrahlwinkeln einfallenden Lichtstrahlen können in Lichtstrahlen mit Übertragungswinkeln konvertiert werden, die innerhalb des Grenzwinkels liegen.

5 Der Lichteinkopplungs-Wirkungsgrad bei der Ankopplung der Lichtquelle an einen Monomode-Lichtwellenleiter kann also verbessert werden.

Die Lichtwellenleiter-Endfläche zur Ankopplung der Lichtquelle an den Lichtwellenleiter kann einfach unter Verwendung herkömmlicher Herstellungseinrichtungen und -techniken hergestellt werden.

Die Erfindung kann auf jede andere von den Standard-Monomode-Lichtwellenleitern abweichende Art von Lichtwellenleitern angewandt werden, wenn die Parameterwerte geeignet 15 ausgewählt sind, d.h. auf einen Lichtwellenleiter eines Lichtwellenleiters mit verschobener Dispersion, eine die Polarisation beibehaltende Faser oder einen Lichtwellenleiter mit erweitertem Modenfeld-Durchmesser, der durch Ziehen und Schmelzen der Lichtleitfaser auf 20 bis 40  $\mu\text{m}$  20 vergrößert worden ist.

23.12.99

PATENTANWÄLTE ZENZ, HELBER, HOSBACH & PARTNER · HUYSSENALLEE 58-64 · D-45128 ESSEN

95 109 942.6-1524

S1062  
Ra - lu

Patentansprüche

1. Lichtwellenleiter-Anschluß zum direkten Einkoppeln von Lichtenergie aus einer Lichtquelle (1) in einen Lichtwellenleiter (13), mit:

I. einem Lichtwellenleiter (13) mit einer optischen Achse (Z-Z), einem Modenradius ( $\omega$ ) und einem Kern (9) mit einer Auftreff-Endflächenstruktur,

II. einer Lichtquelle (1), die von der Auftreff-Endflächenstruktur des Kerns entfernt auf der optischen Achse angeordnet ist;

dadurch gekennzeichnet, daß die Auftreff-Endflächenstruktur des Kerns (9) gebildet ist durch

15 einen Teil einer Kugel (12), deren Zentrum auf der optischen Achse (Z-Z) des Lichtwellenleiters (13) liegt und deren Radius ( $R$ ) kleiner ist als der Modenradius ( $\omega$ ) des Lichtwellenleiters (13); und

20 einen Teil einer konischen Fläche (11), die tangential zu dem Teil der Kugel (12) liegt;

wobei der Neigungswinkel ( $\beta$ ) des Teils der konischen Fläche (11) in bezug auf eine Ebene senkrecht zur optischen Achse (Z-Z) gleich oder größer als  $25^\circ$  ist; und

25 wobei die Entfernung ( $s$ ) zwischen der Lichtquelle (1) und der Lichtwellenleiter-Endflächenstruktur des Kerns so groß ist wie oder größer ist als der Radius ( $R$ ) des Teils der Kugel (12).

2. Lichtwellenleiter-Anschluß nach Anspruch 1,  
30 wobei eine Gleichung (1) gültig ist für jeden Lichtstrahl aus der Lichtquelle (1), der auf den Teil der Kugel (12) auftrifft und durch den Lichtwellenleiter (13) übertragen wird; und

22.12.99

2

wobei eine Gleichung (2) gültig ist für jeden Lichtstrahl aus der Lichtquelle (1), der auf den Teil der konischen Fläche (11) auftrifft und durch den Lichtwellenleiter (13) übertragen wird:

5.

$$\theta_c \geq \theta_2 = \sin^{-1}[(\sin(\theta_1 + \theta_a))/n_1] - \theta_a \quad (1)$$

und

$$\theta_c \geq \theta_2 = \sin^{-1}[(\sin(\theta_1 + \beta))/n_1] - \beta \quad (2)$$

wobei:

10  $\theta_c$  den Grenzwinkel des Lichtwellenleiter-Kerns (9) darstellt;

$\theta_2$  den Übertragungswinkel darstellt, unter dem der Lichtstrahl in dem Lichtwellenleiter-Kern (9) übertragen wird;

15  $\theta_1$  den Abstrahlwinkel des Lichtstrahls von der Lichtquelle (1) darstellt;

$n_1$  den Brechungsindex des Lichtwellenleiter-Kerns (9) darstellt und

20  $\theta_a$  den Winkel zwischen der optischen Achse (Z-Z) des Lichtwellenleiters (13) und der Linie darstellt, die von demjenigen Punkt ( $P_i$ ) auf dem Teil der Kugel (12) aus, an dem der Lichtstrahl unter dem Abstrahlwinkel  $\theta_1$  auftrifft, zum Zentrum des Teils der Kugel (12) führt.

25 3. Verfahren zum Herstellen der Endflächenstruktur des Kerns (9) des Lichtwellenleiters (13) gemäß Anspruch 1 oder 2, das die folgenden Schritte aufweist:

(a) der Lichtwellenleiter (13) wird in eine Anschlußhülse eingeführt und an der Anschlußhülse befestigt;

30 (b) durch Verwendung eines zylindrischen Schleifers wird an der Endfläche des Lichtwellenleiters (13) eine konische Fläche (11) gebildet;

(c) durch Verwendung eines sphärischen Schleifers wird an dem äußersten Ende der konischen Fläche (11) eine kugelige Fläche (12) gebildet; wobei

35

22.12.99

3

- (d) das Zentrum der gebildeten kugeligen Fläche (12) auf der optischen Achse (Z-Z) des Lichtwellenleiters (13) liegt,
- (e) die gebildete konische Fläche (11) tangential zu der gebildeten kugeligen Fläche (12) ausgerichtet ist,
- 5 (f) der Teil der konischen Fläche (11) und die kugelige Fläche (12) auf dem Kern (9) gebildet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der sphärische Schleifer eine elastische Scheibe aufweist, deren Oberfläche 10 mit Schleifmaterial bedeckt ist, und wobei die elastische Scheibe sich um ihre Drehachse dreht, während die Drehachse in bezug auf die Lichtwellenleiter-Endfläche umläuft.

22.12.99  
..(1/4)

0712 014

FIG. I

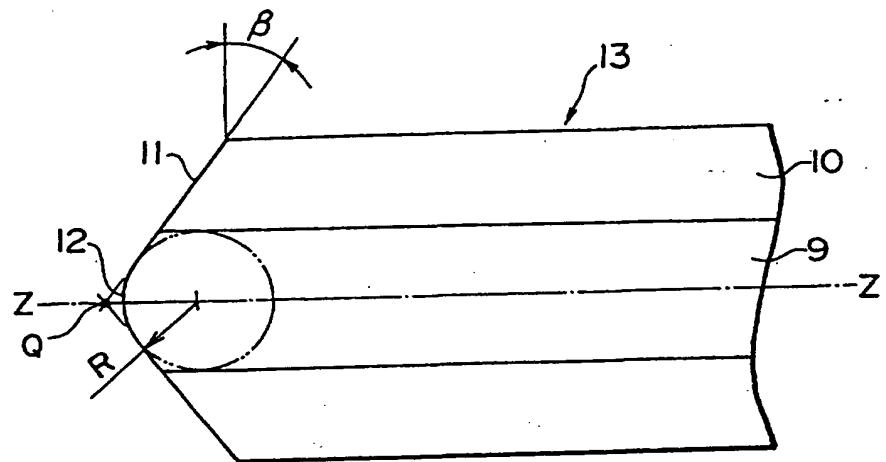
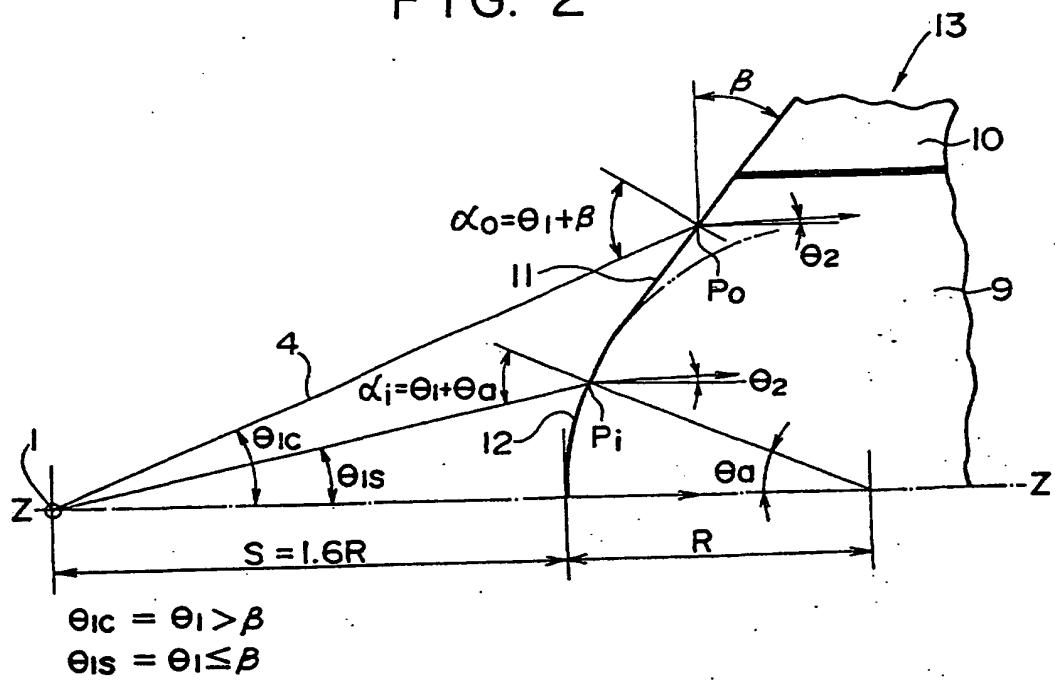
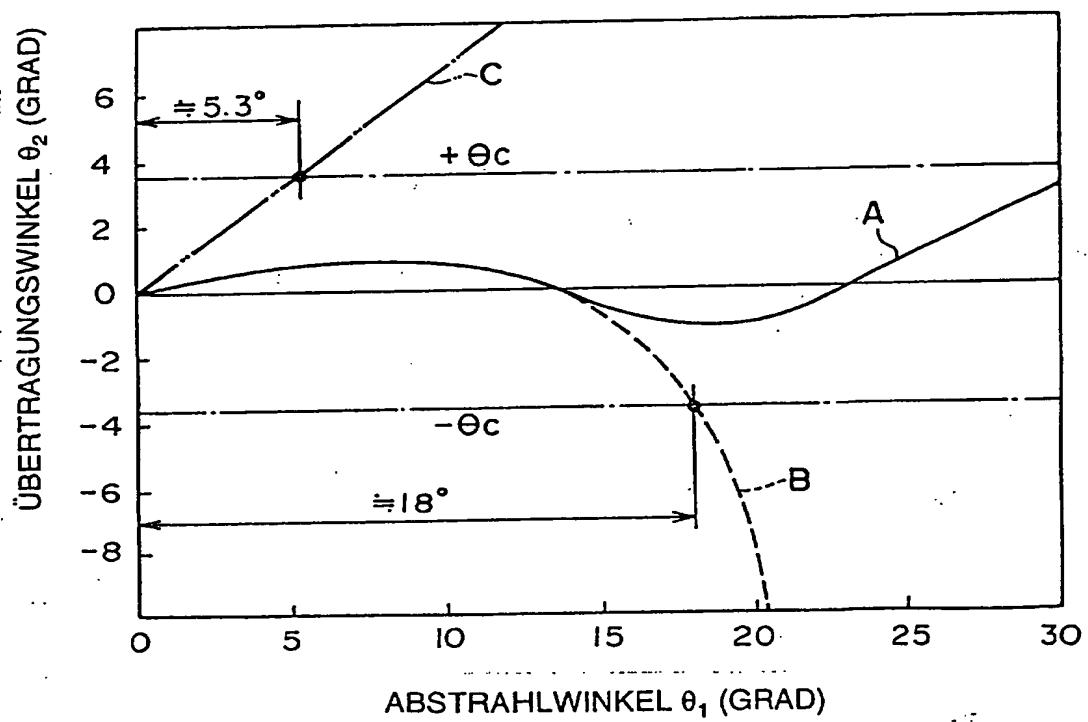


FIG. 2



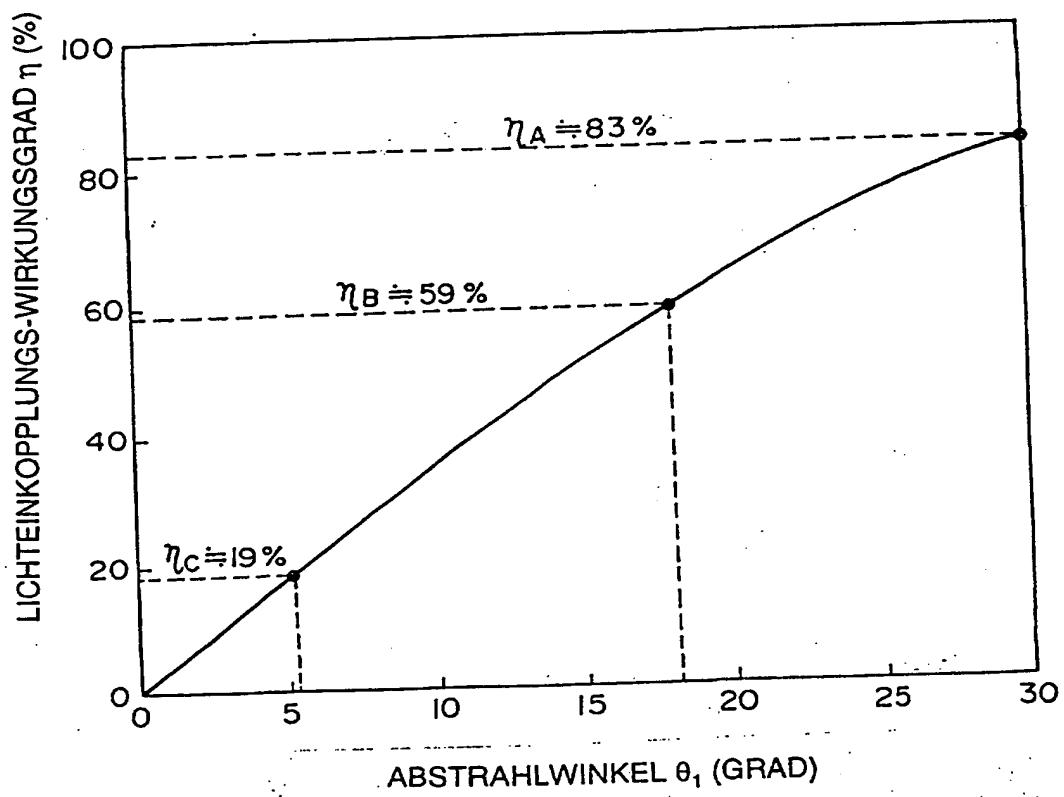
(274) 12-99

FIG. 3



20.12.99  
FIG. 4

FIG. 4



(4/4) 10.99

FIG. 5 STAND DER TECHNIK

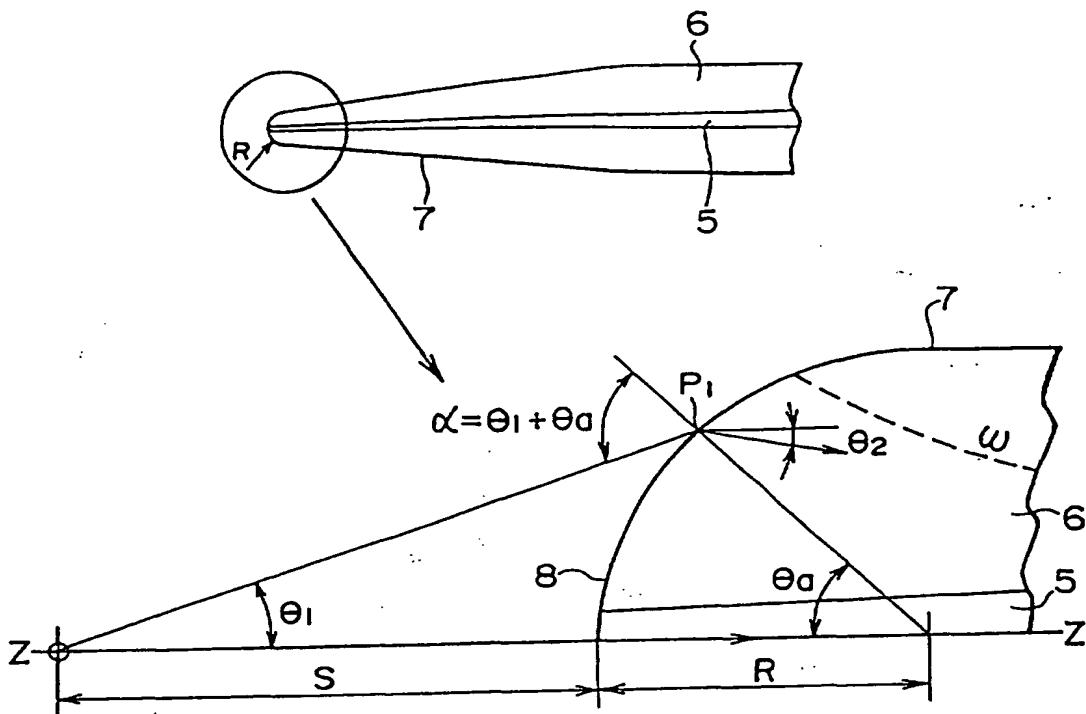
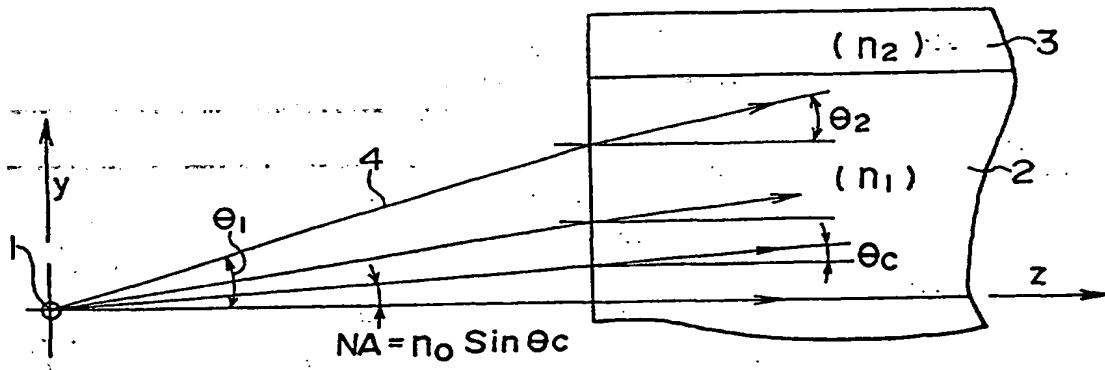


FIG. 6 STAND DER TECHNIK



DOCKET NO: AM3 - 02131-02  
SERIAL NO: 10/728,384  
APPLICANT: E6becke  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100